

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-273455

(43)Date of publication of application : 26.09.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/125

(21)Application number : 2002-071086 (71)Applicant : JAPAN SCIENCE &
TECHNOLOGY CORP
MINOLTA CO LTD

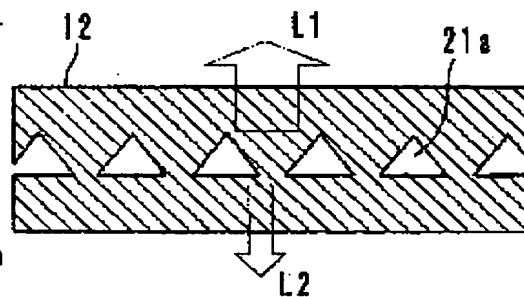
(22)Date of filing : 14.03.2002 (72)Inventor : NODA SUSUMU
YOKOYAMA HIKARI
SEKINE KOJIRO

(54) TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL FACE EMITTING LASER AND ITS
MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a two-dimensional photonic crystal face emitting laser and its manufacturing method which improves the utilization efficiency of surface emitted light by 50% or more.

SOLUTION: There is provided two-dimensional photonic crystal face emitting laser which includes a photonic crystal periodic structure 21a in which there are laminated on a substrate a lower clad layer 12, an active layer for emitting light by doping a carrier, and an upper clad layer, and a refractive index period is arranged in the lower clad layer 12 two dimensionally, and in which light is surface-emitted from the upper surface of the upper clad layer by resonating it with the periodic structure 21a. The width of a cross sectional shape of the periodic structure 21a with respect to the crystal plane is gradually reduced in the direction of the light emission, whereby primary diffraction light L2 directed downward is suppressed, while the quantity of primary diffraction light L1 directed upward is correspondingly increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.07.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser characterized by the width of face of the cross-section configuration over the crystal face of said photograph nick crystal period structure gradually decreasing along the main luminescence direction in the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser equipped with the photograph nick crystal period structure which put the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier by the cladding layer, and has arranged the refractive-index period two-dimensional to this cladding layer or this barrier layer.

[Claim 2] Two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 1 characterized by being the multistage configuration which said cross-section configuration of the photograph nick crystal period structure approximated in the shape of a triangle.

[Claim 3] Two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 1 characterized by being the parallel-crosses structure on top of which the photograph nick crystal period structure laid the cross-section about 3 square shape-like object.

[Claim 4] The manufacture approach of the two-dimensional photograph nick crystal face luminescence laser which be the manufacture approach of two-dimensional photograph nick crystal face luminescence laser according to claim 1 , and be characterize by extinguish the level difference section and form an inclined plane according to the mast lance port effectiveness when the vertical cross section configuration as opposed to the crystal face for the photograph nick crystal period structure be process by the photolithography method in the shape of [which have a level difference] about 3 square shapes .

[Claim 5] The manufacture approach of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser characterized by extinguishing the level difference section and forming an inclined plane according to the mast lance port effectiveness when the triangle-like object which is the manufacture approach of two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 3, and constitutes the photograph nick crystal period structure is processed on multistage by the photolithography method.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention equips two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser and its manufacture approach, the barrier layer that emits light by impregnation of a carrier especially, or its near with the photograph nick crystal period structure which has arranged the refractive-index period two-dimensional, resonates with a photograph nick crystal and relates to the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which carries out field luminescence, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, from the substrate side, perpendicularly, the surface emission-type laser which carries out outgoing radiation of the laser beam is developed variously, and is studied. Since a surface emission-type laser can accumulate many components on the same substrate (array-izing) and outgoing radiation of the coherent light is carried out in juxtaposition from each component, the application in the field of a juxtaposition optical pickup, juxtaposition optical transmission, and optical juxtaposition information processing is expected.

[0003] As this kind of a surface emission-type laser, the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser using a photograph nick crystal is indicated by JP,2000-332351,A. It is the crystal which has a refractive-index period with a photograph nick crystal comparable as the wavelength of light, or smaller, and it is as possible as a band gap arises in an electronic state in the crystal of a semi-conductor in the multi-dimension period structure of a dielectric for the wavelength range (photograph nick band gap) which controls the guided wave of light to arise, and to confine light in two-dimensional or a three dimension by the same principle.

[0004] Two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser given [said] in an official report is equipped with the photograph nick crystal period structure which has arranged the refractive-index period two-dimensional near the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier, and it resonates with a photograph nick crystal and it carries out field luminescence.

[0005] As shown in drawing 8, the laminating of the lower cladding layer 12, a barrier layer 13, and the up cladding layer 14 is carried out on an outline and a substrate 11, and, specifically, as for this two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 10, the two-dimensional photograph nick crystal 20 is built in the lower cladding layer 12 near the barrier layer 13.

[0006] A substrate 11 consists of a semiconductor material of the n mold InP. The lower cladding layer 12 and the up cladding layer 14 are semi-conductor layers of n mold and the p mold InP, respectively, for example, and its refractive index is lower than a barrier layer 13. The two-dimensional photograph nick crystal 20 consists of holes (photograph nick crystal period structure 21) formed in the lower cladding layer 12, and consists of the tetragonal lattice and triangular grid from which the medium by which refractive indexes differ was arranged with the two-dimensional period in the lower cladding layer 12. It may be filled up with SiN etc. in a hole. The barrier layer 13 consists of multiplex quantum well structure where the semiconductor material of for example, an InGaAs/InGaAsP system was used, and emits light by impregnation of a carrier.

[0007] On both sides of a barrier layer 13, a double heterojunction is formed by the lower cladding layer 12 and the up cladding layer 14, and the carrier which shuts up a carrier and is contributed to luminescence is centralized on a barrier layer 13.

[0008] The lower electrode 16 and the up electrode 17 which consist of gold etc. are formed in the base of a substrate 11, and the top face of the up cladding layer 14. By impressing an electrical potential difference between an electrode 16 and 17, a barrier layer 13 emits light and the light which leaked from this barrier layer 13 carries out incidence to the two-dimensional photograph nick crystal 20. The light whose wavelength corresponds with the lattice spacing of the two-dimensional photograph nick crystal 20 resonates with the two-dimensional photograph nick crystal 20, and is amplified. Thereby, field luminescence of the coherent light is carried out from the top face (luminescence field 18 located in the perimeter of an electrode 17) of the up cladding layer 14.

[0009] Here, a resonance operation is explained about the two-dimensional photograph nick crystal 20 which consists of a tetragonal lattice as shown in drawing 9. In addition, a grid configuration may be not only a tetragonal lattice but a triangular grid etc.

[0010] The two-dimensional photograph nick crystal 20 consists of a tetragonal lattice formed in the 1st medium 12 the same period as the 2-way which intersects perpendicularly with the 2nd medium 21, such as a hole. The tetragonal lattice has the typical direction of the direction of gamma-X, and the direction of gamma-M. If spacing of the 2nd medium 21 which adjoins in the direction of gamma-X is set to a, the primitive lattice E with which one side which made the 2nd medium 21 the lattice point consists of squares of a is formed.

[0011] If the light L whose wavelength λ corresponds with the lattice spacing a of a primitive lattice E advances in the direction of gamma-X, the secondary light L will be diffracted in the lattice point. Among these, only the light diffracted in the direction (0 degree, ± 90 degrees, and 180 degrees) to the travelling direction of Light L fulfills a Bragg condition. Furthermore, since the lattice point exists also in the travelling direction of the light diffracted in the direction (0 degree, ± 90 degrees, and 180 degrees), the diffracted light is again diffracted in 0 degree, ± 90 degrees, and the direction of 180 degree to a travelling direction.

[0012] If Light L repeats the secondary diffraction of 1 time or multiple times, since the diffracted light returns at the original lattice point, a resonance operation will arise. Moreover, the light diffracted in the primary direction perpendicular to space also fulfills a Bragg condition. For this reason, outgoing radiation of the light amplified by resonance will be carried out through the up cladding layer 14, and it will have a field luminescence function. Moreover, since this phenomenon arises in all the lattice points, coherent laser oscillation is possible throughout the inside of a field.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in said two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser, the periodic structure 21 is formed cylindrical, the shape of an elliptic cylinder, and in the shape of the square pole, and as shown in drawing 10, the vertical cross-section configuration over the crystal face has become square-like.

[0014] Thus, a light according that the vertical section configuration of the periodic structure 21 is a square to primary diffraction is divided by the same reinforcement (50% and 50%) as the outgoing radiation light L1 to the upper part, and the outgoing radiation light L2 to a lower part. The light used as a laser beam is either of the outgoing radiation light L1 and L2, and had the trouble that the use effectiveness of light was low.

[0015] Then, the purpose of this invention is to offer the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which can raise the use effectiveness of the light by which field luminescence is carried out to 50% or more, and its manufacture approach.

[0016]

[The configuration, an operation, and effectiveness] of invention In order to attain the above purpose, the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention puts the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier by the cladding layer, and is characterized by for the width of face of the cross-section configuration over the crystal face of said photograph nick crystal period structure to gradually decrease along the main luminescence direction in the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser equipped with the photograph nick crystal period structure which has arranged the refractive-index period two-dimensional to this cladding layer or this barrier layer.

[0017] If it is in this two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser, said cross-section configuration of the photograph nick crystal period structure may be a multistage

configuration approximated in the shape of a triangle. Moreover, the photograph nick crystal period structure may be the parallel-crosses structure which piled up the cross-section about 3 square shape-like object.

[0018] In the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention, the light which leaked from the barrier layer carries out secondary diffraction (resonance), is amplified by the periodic structure of a photograph nick crystal, and carries out field luminescence from a cladding layer by primary diffraction. Since the width of face of a vertical cross-section configuration is dwindling the periodic structure along the main luminescence direction, the primary diffraction to the direction of a base is stopped, and they are diffracted the 1st order in the about 3 square shape-like direction of top-most vertices. [more] Therefore, 50% or more of efficiency for light utilization can be acquired by using the light diffracted in the primary direction of top-most vertices as field luminescence.

[0019] On the other hand, said two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser can be manufactured by extinguishing the level difference section and forming an inclined plane according to the mast lance port effectiveness, when the vertical cross-section configuration as opposed to the crystal face for the photograph nick crystal period structure is processed by the photolithography method in the shape of [which has a level difference] about 3 square shapes.

[0020] Moreover, the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which made the photograph nick crystal period structure the parallel-crosses structure which piled up the cross-section about 3 square shape-like object can be manufactured by extinguishing the level difference section and forming an inclined plane according to the mast lance port effectiveness, when the triangle-like object which constitutes the photograph nick crystal period structure is processed on multistage by the photolithography method.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention and its manufacture approach is explained with reference to an accompanying drawing.

[0022] (Refer to the 1st operation gestalt and drawing 1) As the 1st operation gestalt of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention shows the important section cross section to drawing 1 , the vertical cross-section configuration over the crystal face of photograph nick crystal period structure 21a is made into the shape of a triangle, and periodic structure 21a is formed in the lower cladding layer 12. Other configurations make the same the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 10 and the fundamental configuration which were shown in drawing 8 , are manufactured using an ingredient of the same kind, and carry out field luminescence according to the same resonance operation.

[0023] The periodic structure 21 shown in drawing 8 consists of the shape of a cylindrical shape, elliptical, and a square pole configuration. Periodic structure 21a in a **** 1 operation gestalt is the cone configuration corresponding to those configurations, an elliptic cone configuration, and a square drill configuration. Although secondary diffraction is generated like the conventional periodic structure 21, generating of the primary diffracted light L2 to the direction of a base of the periodic structure 21 (the shape of a triangle) is suppressed, and outgoing radiation of more primary diffracted lights L1 is carried out in the triangle-like direction of top-most vertices. Now, the use effectiveness of light will improve.

[0024] (Refer to the 2nd operation gestalt and drawing 2) As the 2nd operation gestalt of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention shows the important section cross section to drawing 2 , it considers as the three-step configuration which approximated the vertical cross-section configuration over the crystal face of photograph nick crystal period structure 21b in the shape of a triangle, and periodic structure 21b is formed in the lower cladding layer 12. Other configurations make the same the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 10 and the fundamental configuration which were shown in drawing 8 , are manufactured using an ingredient of the same kind, and carry out field luminescence according to the same resonance operation.

[0025] Periodic structure 21b in a **** 2 operation gestalt is also the three-step pyramid configuration of a cone configuration, an elliptic cone configuration, and a square drill configuration.

Although the use effectiveness of the primary diffracted light L1 in which the primary diffracted light L2 increases a little, carries out field luminescence, and is used as compared with said 1st operation gestalt falls a little, the conventional vertical section of use effectiveness of light is improving compared with the periodic square-like structure 21.

[0026] (Refer to the 3rd operation gestalt and drawing 3) As the 3rd operation gestalt of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention shows the important section cross section to drawing 3 , it considers as the two-step configuration which approximated the vertical cross-section configuration over the crystal face of photograph nick crystal period structure 21c in the shape of a triangle, and periodic structure 21c is formed in the lower cladding layer 12. Other configurations make the same the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 10 and the fundamental configuration which were shown in drawing 8 , are manufactured using an ingredient of the same kind, and carry out field luminescence according to the same resonance operation.

[0027] Periodic structure 21c in a **** 3 operation gestalt is also the two-step pyramid configuration of a cone configuration, an elliptic cone configuration, and a square drill configuration, and is positioned also as a modification of said 2nd operation gestalt. Although the use effectiveness of the primary diffracted light L1 in which the primary diffracted light L2 increases a little, carries out field luminescence, and is used as compared with the 2nd operation gestalt falls a little, the conventional vertical section of use effectiveness is improving compared with the square periodic structure 21.

[0028] (Refer to the manufacture approach, drawing 4 , and drawing 5) Here, the processing processes (the photolithography method or electron-beam-lithography method) of photograph nick crystal period structure 21b which is the important section are explained about the manufacture approach of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser shown with said 2nd operation gestalt. In addition, the process which forms a lower cladding layer, a barrier layer, and an up cladding layer is the same as usual.

[0029] First, after applying a resist 31 on lower cladding layer 12b (refer to drawing 4 (A)) and carrying out patterning of this resist 31 (refer to drawing 4 (B)), specified quantity etching processing of the lower cladding layer 12b is carried out (refer to drawing 4 (C)).

[0030] Next, a resist 31 is removed, the new resist 31 is applied (refer to drawing 4 (D)), and while carrying out patterning of this resist 31, specified quantity etching processing is carried out further (refer to drawing 4 (E)).

[0031] Next, the new resist 31 is applied (refer to drawing 4 (F)), a resist 31 is removed, while carrying out patterning of this resist 31, specified quantity edging processing is carried out further (refer to drawing 4 (G)), and a resist 31 is removed (refer to drawing 4 (H)). It means that photograph nick crystal period structure 21b of a three-step pyramid configuration was formed now in lower cladding layer 12b.

[0032] Then, welding of the lower cladding layer 12b is carried out on lower cladding layer 12a by which is made to carry out front flesh-side reversal of the lower cladding layer 12b (refer to drawing 5 (A)), and the laminating is carried out on the substrate 11 (refer to drawing 5 (B)). The condition of having completed is as being shown in drawing 5 (C). In addition, the laminating of a barrier layer 13 and the up cladding layer 14 is beforehand carried out to lower cladding layer 12b. Moreover, after that, as shown in drawing 8 , the lower electrode 16 is formed in the inferior surface of tongue of a substrate 11, and the up electrode 17 is formed in the top face of the up cladding layer 14.

[0033] Moreover, if the level difference section is extinguished and an inclined plane is formed according to the well-known mast lance port effectiveness when lower cladding layer 12b is processed by the photolithography method, the vertical section shown with said 1st operation gestalt can form triangle-like periodic structure 21a.

[0034] A mast lance port produces strongly III-V group semi-conductors, such as InP, InGaAs, InGaP, InAs, GaAs, GaP, and AlGaAs, in hydrogen gas, nitrogen gas, or the ambient atmosphere of rare gas by adding 450 degrees C or more of heat treatments for 30 minutes or more. This condition is almost the same also at the formation process of the inclined plane in the 4th operation gestalt explained below.

[0035] (Refer to the 4th operation gestalt, drawing 6 , and drawing 7) The 4th operation gestalt of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention

constitutes the two-dimensional photograph nick crystal 20 of parallel-crosses structure by cross-section triangle-like the land parts 22a and 23a and Slots 22b and 23b which were formed in the direction which intersects perpendicularly with the opposed face of the lower cladding layers 12a and 12b mutually, as shown in drawing 6 . Other configurations make the same the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 10 and the fundamental configuration which were shown in drawing 8 , and are manufactured using an ingredient of the same kind. Therefore, in drawing 6 , the same sign is given to the same member as drawing 8 .

[0036] The two-dimensional photograph nick crystal 20 of parallel-crosses structure is formed by joining land parts 22a and 23a and Slots 22b and 23b. Drawing 7 is the top view showing this two-dimensional photograph nick crystal 20, and the lap conditions of land parts 22a and 23a and Slots 22b and 23b differ, namely, the two-dimensional periodic structures 21d, 21e, 21f, and 21g (a slash is attached and shown, respectively) from which a refractive index differs, respectively crowd in the shape of a checker, and it is arranged.

[0037] By such the two-dimensional periodic structure, light diffracts the 2nd order, and resonates, and field luminescence is carried out by primary diffraction. In this primary diffraction, as shown in drawing 6 , generating of the primary diffracted light L2 is suppressed, outgoing radiation of more primary diffracted lights L1 is carried out, and the use effectiveness of light improves.

[0038] When the cross-section triangle-like object which constitutes parallel crosses is processed on multistage by the photolithography method shown in drawing 4 , according to the mast lance port effectiveness, it extinguishes the level difference section and should just form an inclined plane.

[0039] (Other operation gestalten) in addition, the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser concerning this invention and its manufacture approach are not limited to said operation gestalt, within the limits of the summary, can be boiled variously and can be changed.

[0040] Especially the ingredient of a semi-conductor layer, a photograph nick crystal, and an electrode, the structure for arranging polarization of light, a grid configuration, etc. are arbitrary. Moreover, although said each operation gestalt showed the example which prepared the photograph nick crystal period structure in the lower cladding layer, you may prepare in the barrier layer near the barrier layer in an up cladding layer.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view showing the important section of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which is the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] The sectional view showing the important section of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which is the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] The sectional view showing the important section of the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which is the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] The explanatory view showing the processing process of the photograph nick crystal period structure in said 2nd operation gestalt.

[Drawing 5] A continuation of the explanatory view showing the processing process of the photograph nick crystal period structure in said 2nd operation gestalt and drawing 4.

[Drawing 6] The perspective view showing the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which is the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] The explanatory view showing the two-dimensional photograph nick crystal in said 4th operation gestalt.

[Drawing 8] The perspective view showing the two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser preceded with this invention.

[Drawing 9] The explanatory view showing a resonance operation of two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser.

[Drawing 10] The sectional view showing the photograph nick crystal period structure in the surface emission-type laser shown in drawing 8.

[Description of Notations]

10 -- Two-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser

11 -- Substrate

12 -- Lower cladding layer

13 -- Barrier layer

14 -- Up cladding layer

20 -- Two-dimensional photograph nick crystal

21a-21g -- Photograph nick crystal period structure

[Translation done.]

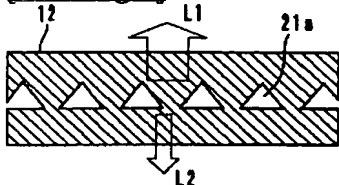
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

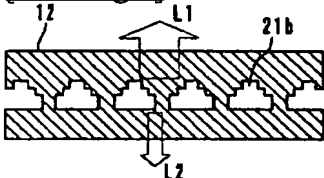
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

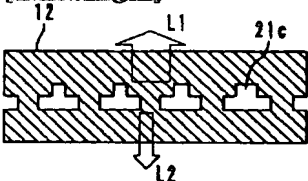
[Drawing 1]



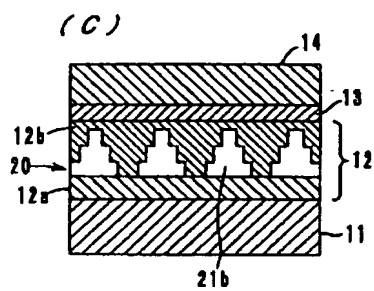
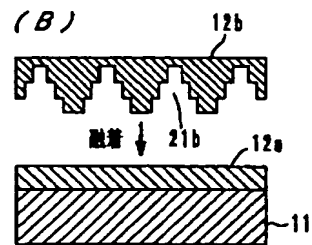
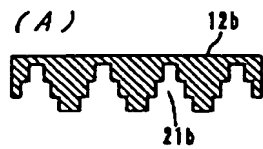
[Drawing 2]



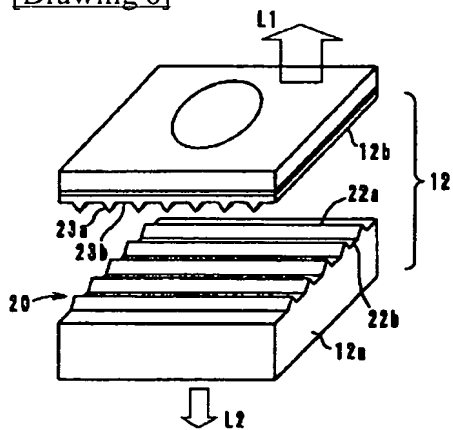
[Drawing 3]



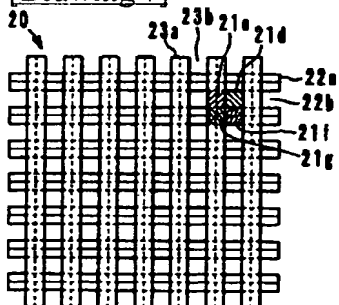
[Drawing 5]



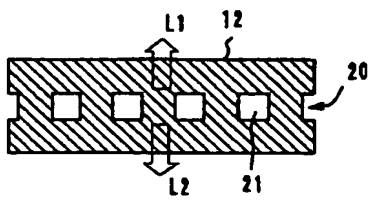
[Drawing 6]



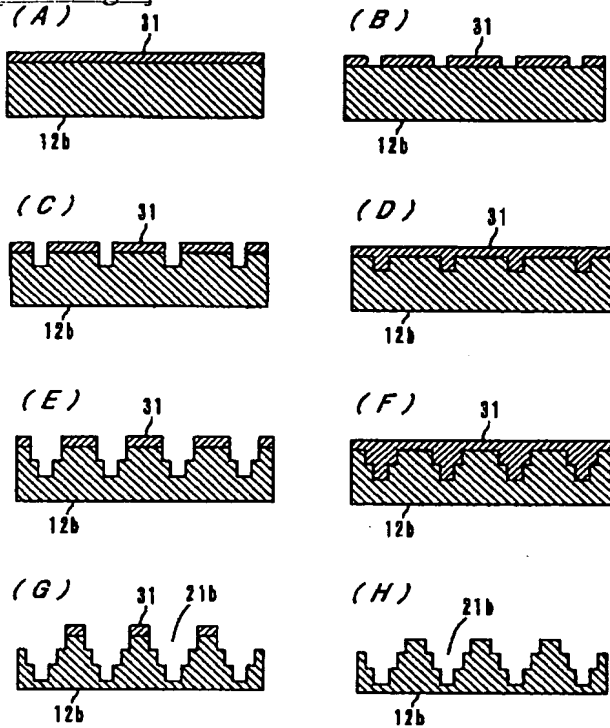
[Drawing 7]



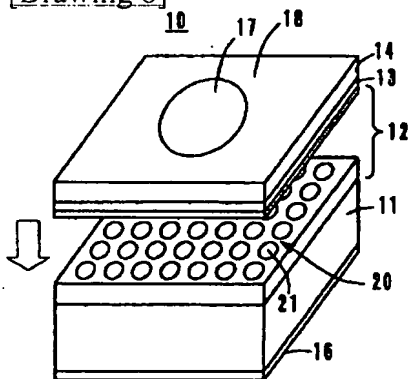
[Drawing 10]



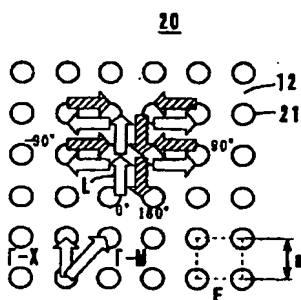
[Drawing 4]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-273455
(P 2 0 0 3 - 2 7 3 4 5 5 A)
(43)公開日 平成15年9月26日(2003.9.26)

(51)Int.Cl.⁷
H01S 5/125

識別記号

F I
H01S 5/125

テマコード (参考)
5F073

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-71086(P 2002-71086)

(22)出願日 平成14年3月14日(2002.3.14)

(71)出願人 396020800
科学技術振興事業団
埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(71)出願人 000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル
(72)発明者 野田 進
京都府宇治市五ヶ庄京大宿舍231
(74)代理人 100091432
弁理士 森下 武一

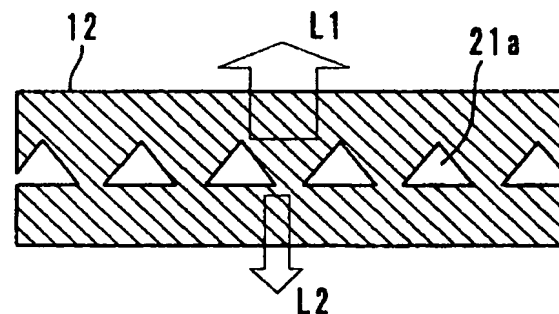
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 2次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 面発光される光の利用効率を50%以上に高めることのできる2次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法を得る。

【解決手段】 基板上に下部クラッド層12、キャリアの注入により発光する活性層、上部クラッド層を積層し、下部クラッド層12に2次元的に屈折率周期を配置したフォトニック結晶周期構造体21aを備え、該周期構造体21aにより共振して上部クラッド層の上面から面発光する2次元フォトニック結晶面発光レーザ。前記周期構造体21aの結晶面に対する断面形状の幅が主たる発光方向に沿って漸減していることにより、下方への1次回折光L2を抑え、その分上方への1次回折光L1の光量の増大を図ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 キャリアの注入により発光する活性層をクラッド層で挟み込み、該クラッド層又は該活性層に2次元的に屈折率周期を配置したフォトニック結晶周期構造体を備えた2次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、

前記フォトニック結晶周期構造体の結晶面に対する断面形状の幅が主たる発光方向に沿って漸減していること、を特徴とする2次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項2】 フォトニック結晶周期構造体の前記断面形状が三角形形状に近似した多段形状であることを特徴とする請求項1記載の2次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項3】 フォトニック結晶周期構造体が断面ほぼ三角形形状体を重ね合わせた井桁構造であることを特徴とする請求項1記載の2次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項4】 請求項1記載の2次元フォトニック結晶面発光レーザの製造方法であって、フォトニック結晶周期構造体を結晶面に対する垂直方向の断面形状を段差を有するほぼ三角形形状にフォトリソグラフィ法で加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトニック結晶面発光レーザの製造方法。

【請求項5】 請求項3記載の2次元フォトニック結晶面発光レーザの製造方法であって、フォトニック結晶周期構造体を構成する三角形形状体をフォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトニック結晶面発光レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法、特に、キャリアの注入により発光する活性層又はその近傍に、2次元的に屈折率周期を配置したフォトニック結晶周期構造体を備え、フォトニック結晶により共振して面発光する2次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、基板面から垂直方向にレーザ光を出射する面発光レーザが種々開発、研究されている。面発光レーザは同一基板上に多数の素子を集積（アレイ化）でき、各素子からコヒーレントな光が並列的に出射されるため、並列光ピックアップ、並列光伝送、光並列情報処理の分野での用途が期待されている。

【0003】この種の面発光レーザとして、フォトニック結晶を利用した2次元フォトニック結晶面発光レーザが特開2000-332351号公報に開示されている。フォトニック結晶とは、光の波長と同程度もしくは

より小さい屈折率周期を有する結晶であり、誘電体の多次元周期構造体では半導体の結晶中で電子状態にバンドギャップが生じることと同様の原理により、光の導波を抑制する波長帯（フォトニックバンドギャップ）が生じ、光を2次元又は3次元に閉じこめることが可能である。

【0004】前記公報記載の2次元フォトニック結晶面発光レーザは、キャリアの注入により発光する活性層の近傍に、2次元的に屈折率周期を配置したフォトニック結晶周期構造体を備え、フォトニック結晶により共振して面発光するものである。

【0005】具体的には、図8に示すように、この2次元フォトニック結晶面発光レーザ10は、概略、基板11上に下部クラッド層12、活性層13、上部クラッド層14が積層され、下部クラッド層12には活性層13の近傍に2次元フォトニック結晶20が内蔵されている。

【0006】基板11は、例えば、n型InPの半導体材料からなる。下部クラッド層12及び上部クラッド層14は、例えば、それぞれn型及びp型InPの半導体層であり、活性層13よりも屈折率が低い。2次元フォトニック結晶20は、下部クラッド層12に形成した空孔（フォトニック結晶周期構造体21）にて構成され、下部クラッド層12とは屈折率の異なる媒質が2次元の周期で配列された正方格子や三角格子からなっている。空孔内にはSiN等を充填してもよい。活性層13は、例えば、InGaAs/InGaAsP系の半導体材料を用いた多重量子井戸構造からなっており、キャリアの注入により発光する。

【0007】下部クラッド層12及び上部クラッド層14により活性層13を挟んでダブルヘテロ接合を形成し、キャリアを閉じこめて発光に寄与するキャリアを活性層13に集中させるようになっている。

【0008】基板11の底面及び上部クラッド層14の上面には金等からなる下部電極16及び上部電極17が形成されている。電極16、17間に電圧を印加することにより活性層13が発光し、該活性層13から漏れた光が2次元フォトニック結晶20に入射する。2次元フォトニック結晶20の格子間隔に波長が一致する光は、2次元フォトニック結晶20により共振して増幅される。これにより、上部クラッド層14の上面（電極17の周囲に位置する発光領域18）からコヒーレントな光が面発光される。

【0009】ここで、図9に示すような正方格子からなる2次元フォトニック結晶20について共振作用を説明する。なお、格子形状は正方格子に限らず、三角格子等であってもよい。

【0010】2次元フォトニック結晶20は、第1媒質12内に空孔等の第2媒質21と直交する2方向に同じ周期で形成した正方格子からなっている。正方格子はΓ

10

20

30

40

50

ーX方向とΓ-M方向の代表的な方向を有している。Γ-
ーX方向に隣接する第2媒質21の間隔をaとすると、
第2媒質21を格子点とした一辺がaの正方形からなる
基本格子Eが形成されている。

【0011】波長λが基本格子Eの格子間隔aに一致す
る光LがΓ-
ーX方向に進行すると、光Lは格子点で2次
回折される。このうち、光Lの進行方向に対して0°、
±90°、180°の方向に回折された光のみがブラッ
グ条件を満たす。さらに、0°、±90°、180°の
方向に回折された光の進行方向にも格子点が存在するた
め、回折光は再度進行方向に対して0°、±90°、1
80°方向に回折する。

【0012】光Lが1回又は複数回の2次回折を繰り返
すと、回折光が元の格子点に戻るため共振作用が生じ
る。また、紙面に垂直な方向に1次回折された光もブラ
グ条件を満たす。このため、共振によって増幅された
光が上部クラッド層14を介して出射され、面発光機能
を有することになる。また、全ての格子点でこの現象が
生じるため、面内全域でコヒーレントなレーザ発振が可
能である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記2次元
フォトニック結晶面発光レーザにおいて、周期構造体2
1は円柱状、楕円柱状あるいは四角柱状に形成されてお
り、図10に示すように、結晶面に対する垂直方向の断
面形状は四角形状になっている。

【0014】このように、周期構造体21の垂直断面形
状が四角形であると、1次回折による光は上方への出射
光L1と下方への出射光L2に同じ強度(50%及び5
0%)で分かれる。レーザ光として使用される光は出射
光L1、L2のいずれか一方であり、光の利用効率が低
いという問題点を有していた。

【0015】そこで、本発明の目的は、面発光される光
の利用効率を50%以上に高めることのできる2次元フ
ォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法を提供す
ることにある。

【0016】

【発明の構成、作用及び効果】以上の目的を達成するた
め、本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザ
は、キャリアの注入により発光する活性層をクラッド層
で挟み込み、該クラッド層又は該活性層に2次元的に屈
折率周期を配置したフォトニック結晶周期構造体を備え
た2次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記
フォトニック結晶周期構造体の結晶面に対する断面形状
の幅が主たる発光方向に沿って漸減していることを特徴
とする。

【0017】この2次元フォトニック結晶面発光レーザ
にあつては、フォトニック結晶周期構造体の前記断面形
状が三角形状に近似した多段形状であってもよい。ま
た、フォトニック結晶周期構造体が断面ほぼ三角形状

を重ね合わせた井桁構造であってもよい。

【0018】本発明に係る2次元フォトニック結晶面発
光レーザにおいては、活性層から漏れた光がフォトニッ
ク結晶の周期構造体によって2次回折(共振)して増幅
され、1次回折によってクラッド層から面発光する。周
期構造体は垂直方向の断面形状の幅が主たる発光方向に
沿って漸減しているため、底辺方向への1次回折が抑え
られてほぼ三角形状の頂点方向へより多く1次回折され
る。従つて、頂点方向に1次回折される光を面発光とし
て利用することにより、50%以上の光利用効率を得る
ことができる。

【0019】一方、前記2次元フォトニック結晶面発光
レーザは、フォトニック結晶周期構造体を結晶面に対す
る垂直方向の断面形状を段差を有するほぼ三角形状にフ
ォトリソグラフィ法で加工した際、マストランスポー
ト効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成すること
により製造することができる。

【0020】また、フォトニック結晶周期構造体を断面
ほぼ三角形状体を重ね合わせた井桁構造とした2次元フ
ォトニック結晶面発光レーザは、フォトニック結晶周期
構造体を構成する三角形状体をフォトリソグラフィ法で
多段に加工した際、マストランスポー
ト効果によって段
差部を消滅させて傾斜面を形成することにより製造する
ことができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る2次元フ
ォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法の実施形態に
ついて、添付図面を参照して説明する。

【0022】(第1実施形態、図1参照)本発明に係る
2次元フォトニック結晶面発光レーザの第1実施形態
は、図1にその要部断面を示すように、フォトニック結
晶周期構造体21aの結晶面に対する垂直方向の断面形
状を三角形状としたものであり、周期構造体21aは下
部クラッド層12に形成されている。その他の構成は図
8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と
基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作され、
同様の共振作用によって面発光する。

【0023】図8に示した周期構造体21は円柱形状、
楕円形状、四角柱形状からなる。本第1実施形態での周
期構造体21aはそれらの形状に対応した円錐形状、楕
円錐形状、四角錐形状である。2次回折は従来の周期構
造体21と同様に発生するが、周期構造体21(三角形
状)の底辺方向への1次回折光L2の発生が抑えられ、
三角形状の頂点方向へより多くの1次回折光L1が出射
される。これにて、光の利用効率が向上することにな
る。

【0024】(第2実施形態、図2参照)本発明に係る
2次元フォトニック結晶面発光レーザの第2実施形態
は、図2にその要部断面を示すように、フォトニック結
晶周期構造体21bの結晶面に対する垂直方向の断面形

状を三角形状に近似した3段形状としたものであり、周期構造体21bは下部クラッド層12に形成されている。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作され、同様の共振作用によって面発光する。

【0025】本第2実施形態での周期構造体21bも円錐形状、楕円錐形状、四角錐形状の3段ピラミッド形状である。前記第1実施形態と比較すると、1次回折光L2が若干多くなり、面発光して利用される1次回折光L1の利用効率が若干低下するが、従来の垂直断面が四角形状の周期構造体21と比べると光の利用効率は向上している。

【0026】(第3実施形態、図3参照)本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザの第3実施形態は、図3にその要部断面を示すように、フォトニック結晶周期構造体21cの結晶面に対する垂直方向の断面形状を三角形状に近似した2段形状としたものであり、周期構造体21cは下部クラッド層12に形成されている。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作され、同様の共振作用によって面発光する。

【0027】本第3実施形態での周期構造体21cも円錐形状、楕円錐形状、四角錐形状の2段ピラミッド形状であり、前記第2実施形態の変形例としても位置づけられる。第2実施形態と比較すると、1次回折光L2が若干多くなり、面発光して利用される1次回折光L1の利用効率が若干低下するが、従来の垂直断面が四角形の周期構造体21と比べると利用効率は向上している。

【0028】(製造方法、図4、図5参照)ここで、前記第2実施形態で示した2次元フォトニック結晶面発光レーザの製造方法について、その要部であるフォトニック結晶周期構造体21bの加工工程(フォトリソグラフィ法あるいは電子ビームリソグラフィ法等)を説明する。なお、下部クラッド層、活性層、上部クラッド層を形成する工程は従来と同様である。

【0029】まず、下部クラッド層12b上にレジスト31を塗布し(図4(A)参照)、該レジスト31をパターニングした後(図4(B)参照)、下部クラッド層12bを所定量エッチング処理する(図4(C)参照)。

【0030】次に、レジスト31を除去し、新たなレジスト31を塗布し(図4(D)参照)、該レジスト31をパターニングすると共にさらに所定量エッチング処理する(図4(E)参照)。

【0031】次に、レジスト31を除去し、新たなレジスト31を塗布し(図4(F)参照)、該レジスト31をパターニングすると共にさらに所定量エッチング処理し(図4(G)参照)、レジスト31を除去する(図4

(H)参照)。これにて、下部クラッド層12bに3段ピラミッド形状のフォトニック結晶周期構造体21bが形成されたことになる。

【0032】その後、下部クラッド層12bを表裏反転させ(図5(A)参照)、基板11上に積層されている下部クラッド層12a上に下部クラッド層12bを融着させる(図5(B)参照)。完成した状態は図5(C)に示すとおりである。なお、下部クラッド層12bには活性層13及び上部クラッド層14が予め積層されている。また、その後、図8に示したように、基板11の下面に下部電極16が設けられ、上部クラッド層14の上面に上部電極17が設けられる。

【0033】また、下部クラッド層12bをフォトリソグラフィ法で加工した際、周知のマストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成すると、前記第1実施形態で示した垂直断面が三角形の周期構造体21aを形成することができる。

【0034】InP、InGaAs、InGaP、InAs、GaAs、GaP、AlGaAs等のIII-V族半導体は、水素ガス、窒素ガスあるいは希ガスの雰囲気中で、450℃以上30分以上の熱処理を加えることで強くマストランスポートが生じる。この条件は以下に説明する第4実施形態での傾斜面の形成工程でもほぼ同様である。

【0035】(第4実施形態、図6、図7参照)本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザの第4実施形態は、図6に示すように、下部クラッド層12a、12bの対向面に互いに直交する方向に形成した断面三角形の陸部22a、23a及び溝部22b、23bによって井桁構造の2次元フォトニック結晶20を構成したものである。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作される。従って、図6において図8と同じ部材には同じ符号が付されている。

【0036】陸部22a、23a及び溝部22b、23bが接合されることにより、井桁構造の2次元フォトニック結晶20が形成される。図7はこの2次元フォトニック結晶20を示す平面図であり、陸部22a、23a及び溝部22b、23bの重なり状態の異なる、即ち屈折率がそれぞれ異なる2次元の周期構造体21d、21e、21f、21g(それぞれ斜線を付して示す)が市松模様状に密集して配列されている。

【0037】このような2次元の周期構造体によって光が2次回折して共振し、1次回折によって面発光する。この1次回折において、図6に示すように、1次回折光L2の発生が抑えられ、より多くの1次回折光L1が出射され、光の利用効率が向上する。

【0038】井桁を構成する断面三角形形状体は、図4に示したフォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面

を形成すればよい。

【0039】（他の実施形態）なお、本発明に係る２次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法は前記実施形態に限定するものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更することができる。

【0040】特に、半導体層、フォトニック結晶、電極の材料や、光の偏光を揃えるための構造、格子形状等は任意である。また、前記各実施形態では、フォトニック結晶周期構造体を下部クラッド層に設けた例を示したが、上部クラッド層内の活性層近傍もしくは活性層内に

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１実施形態である２次元フォトニック結晶面発光レーザの要部を示す断面図。

【図２】本発明の第２実施形態である２次元フォトニック結晶面発光レーザの要部を示す断面図。

【図３】本発明の第３実施形態である２次元フォトニック結晶面発光レーザの要部を示す断面図。

【図４】前記第２実施形態でのフォトニック結晶周期構造体の加工工程を示す説明図。

【図５】前記第２実施形態でのフォトニック結晶周期構

20

造体の加工工程を示す説明図、図４の続き。

【図６】本発明の第４実施形態である２次元フォトニック結晶面発光レーザを示す斜視図。

【図７】前記第４実施形態での２次元フォトニック結晶を示す説明図。

【図８】本発明に先行する２次元フォトニック結晶面発光レーザを示す斜視図。

【図９】２次元フォトニック結晶面発光レーザの共振作用を示す説明図。

【図１０】図８に示した面発光レーザでのフォトニック結晶周期構造体を示す断面図。

【符号の説明】

１０…２次元フォトニック結晶面発光レーザ

１１…基板

１２…下部クラッド層

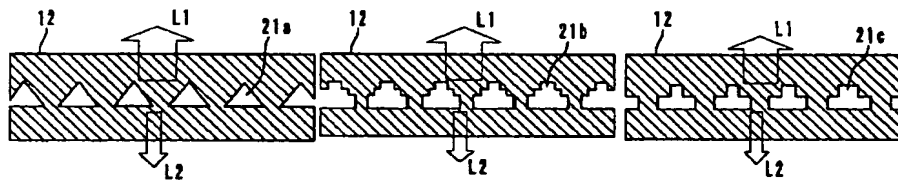
１３…活性層

１４…上部クラッド層

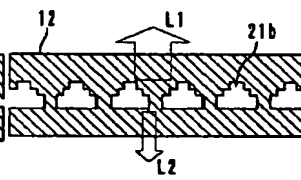
２０…２次元フォトニック結晶

２１ａ～２１ｇ…フォトニック結晶周期構造体

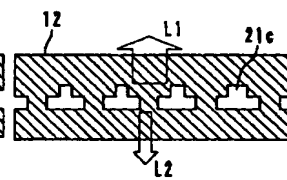
【図１】



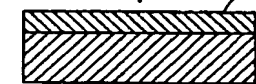
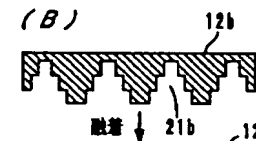
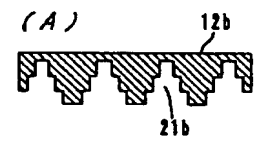
【図２】



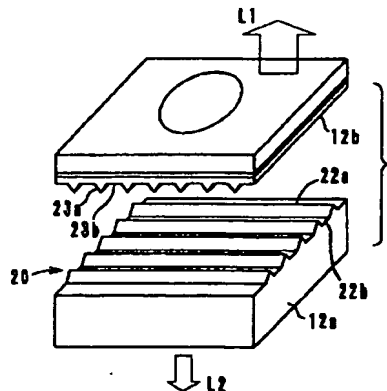
【図３】



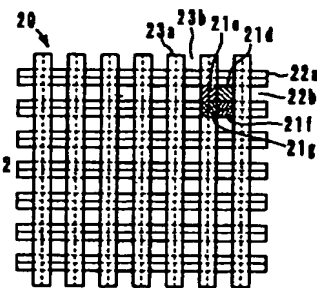
【図５】



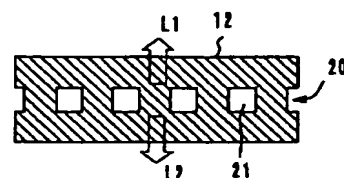
【図６】



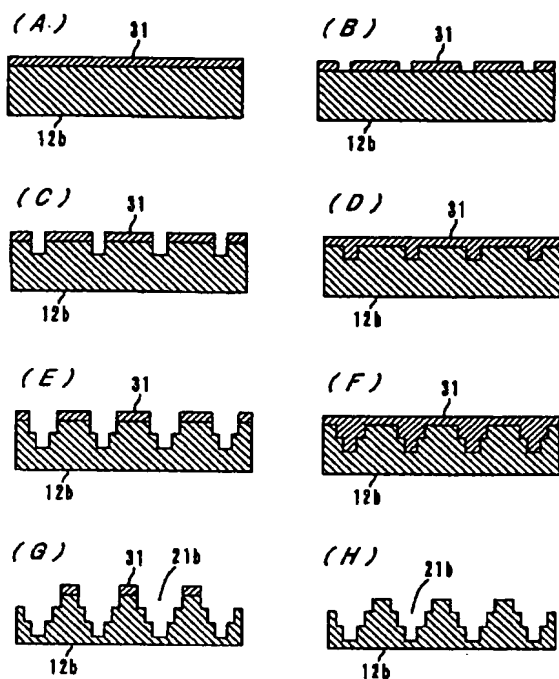
【図７】



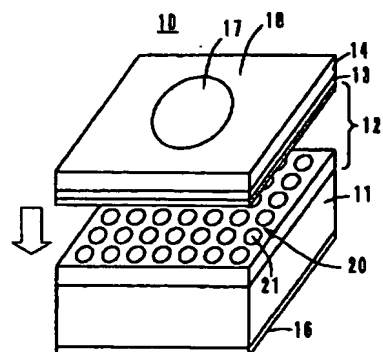
【図１０】



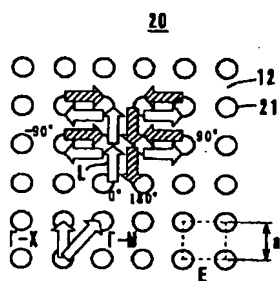
【図4】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 横山 光
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 関根 孝二郎
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
Fターム(参考) 5F073 AA63 AA74 AA75 AA89 AB17
CA12 DA16

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.